

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-69198

(43)公開日 平成6年(1994)3月11日

(51)IntCl.⁵

H 0 1 L 21/318

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

C 7352-4M

M 7352-4M

審査請求 未請求 請求項の数4(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平4-217824

(22)出願日 平成4年(1992)8月17日

(71)出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72)発明者 福田 永

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気
工業株式会社内

(72)発明者 安田 真

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気
工業株式会社内

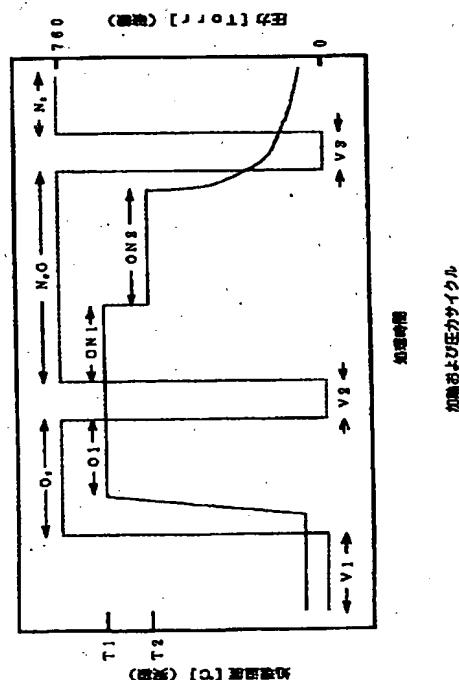
(74)代理人 弁理士 大垣 孝

(54)【発明の名称】 絶縁膜形成方法

(57)【要約】

【目的】 絶縁耐性に優れた絶縁膜を短い時間でかつ膜厚制御を精確に行なって形成する。

【構成】 Si基板18を炉に入れ、これを酸素ガス中で約100℃/秒の昇温速度で加熱し、1000~1200℃の温度T1に保持してSi酸化膜60を成膜する。次に、この温度T1に保持して、N₂Oガスに切り換えてこのガス中でSi酸化膜形成済の基板に対して第1回目の酸化処理を行なってSi酸化膜をSi酸化膜62に変える。次に、この加熱温度を800~950℃の温度T2に下げて、第2回目の酸化処理を行なって先のSi酸化膜とは膜が変わらないが、窒素の取り込み量が多い、最終のSi酸化膜64を絶縁膜として得る。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリコンの下地上に酸化膜を形成した後、該酸化膜を酸窒化して酸窒化膜としての絶縁膜を形成するに当たり、

酸窒化処理を、第1および第2酸窒化処理とに分け、該第1酸窒化処理を酸化膜の形成のときの下地の加熱温度と同一の第1温度で行い、および前記第2酸窒化処理を酸窒化膜の膜厚が増加しないととも、形成途中の酸窒化膜への窒素元素の導入を維持する第2温度で行うことを特徴とする絶縁膜形成方法。

【請求項2】 請求項1に記載の絶縁膜形成方法において、

前記酸化膜を、窒素非含有の酸化性ガス雰囲気中で数十オングストローム程度の膜厚に形成し、および前記第1酸窒化処理を窒素含有の酸化性ガス雰囲気中で行って、前記酸化膜を50-100オングストロームの範囲内のいずれかの値の膜厚の酸窒化膜に置換することを特徴とする絶縁膜形成方法。

【請求項3】 請求項2に記載の絶縁膜形成方法において、

前記窒素非含有の酸化性ガスを、酸素(O_2)ガスまたはオゾン(O_3)ガスとすることを特徴とする絶縁膜形成方法。

【請求項4】 請求項2に記載の絶縁膜形成方法において、

前記窒素含有の酸化性ガスを、一酸化窒素(NO)ガス、一酸化二窒素(N_2O)および二酸化窒素(NO_2)ガスの群から選ばれた一種類のガス又は二種類以上の混合ガスとすることを特徴とする絶縁膜形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、絶縁膜形成方法、特に膜厚が薄く特性の優れた絶縁膜の形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 超LSIの発展、特にデバイスの微細化は、薄くて熱的に安定な絶縁膜を形成出来るか否かに負うところが大きい。デバイスの信頼性および動作特性は、絶縁膜の特性によって大きく左右される。この絶縁膜としてシリコン熱酸化膜(SiO_2 膜)がその安定性によって依然として主要な材料であり、今後もその特性の改善等が期待される。

【0003】 この酸化膜の形成方法については、文献：「徳山 たかしおよび橋本 哲一編者 MOS LSI製造技術、日本マグロウヒル社、1985 p. 65」に開示されている。この発明の説明に先たち、この従来の酸化膜形成技術につき簡単に説明する。

【0004】 先ず、抵抗加熱炉(成膜炉または反応炉とも言う)内の石英管内に清浄化したシリコン基板(Si 基板)を設置する。この石英管を800-1200℃の範囲内の適当な温度に加熱する。この加熱下において、

2

石英管内に酸化性ガス、例えば酸素ガス(O_2 ガス)または酸素と水素の混合ガスを流入させて、基板上に酸化膜の成膜を行なう。

【0005】 この従来方法であると、基板を800-1200℃の範囲内の温度という高温状態にしておいて酸化性ガスをを用いた熱酸化処理によって酸化膜の成膜を行っているため、膜の成長速度が速い。このため、特に10nm以下というような半導体薄膜を成長させたい場合、膜厚の制御を精確に行なえず、従って、酸化膜を再現性良く形成するのが困難であった。

【0006】 そこで、このような薄膜を再現性良く形成するためには、酸化温度を800℃以下に下げること、酸素を不活性ガス例えばアルゴン(Ar)ガスや窒素(N)ガスで希釈する等の工夫を行なって酸化速度を遅くすることが考えられる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、このような低温による酸化法では、酸化膜中に発生する応力のため、 Si 基板と酸化膜との界面の平坦性が損なわれ、その結果、膜質が良くない。

【0008】 また、希釈法による酸化を行なうと、高温での長時間に亘る酸化過程に起因して、基板中の不純物が酸化膜中に取り込まれてしまうため、膜質が悪く、従って、取り込まれた不純物が核となって絶縁破壊が生じる恐れがあった。

【0009】 また、上述の低温酸化法および希釈酸化法のいずれの方法によって形成された酸化膜も、この酸化膜と Si 基板との境界面近傍には、多数の Si 原子の不對結合や、歪んだ $Si-O$ 結合が存在する。このような Si 原子や O 原子の不對結合や弱い結合が多数含まれていると、電子注入のストレスによってこれら結合が切断されたり、或いは、電子注入によるインパクトイオン化で生じた正孔がトラップされるなどにより絶縁破壊、従って、リーク電流の増大およびまたは高電界ストレス耐性の低下をもたらすという問題があった。

【0010】 従って、この発明の目的は、膜厚の制御が容易であり、しかも、より短い時間で絶縁膜を形成する方法を提供することにある。

【0011】 この発明の他の目的は、膜質が優れ、しかも、絶縁耐性に優れた絶縁膜の形成方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】 この目的の達成を図るため、この発明の絶縁膜形成方法によれば、シリコンの下地上に酸化膜を形成した後、この酸化膜を酸窒化して酸窒化膜としての絶縁膜を形成するに当たり、酸窒化処理を、第1および第2酸窒化処理とに分け、第1酸窒化処理を酸化膜の形成のときの下地の加熱温度と同一の第1温度で行い、および第2酸窒化処理を酸窒化膜の膜厚が増加しないととも、形成途中の酸窒化膜への窒素元素

3

の導入を維持する第2温度で行うことを特徴とする。

【0013】この発明の実施に当たり、好ましくは、上述した酸化膜を、窒素非含有の酸化性ガス雰囲気中で数十オングストローム程度の膜厚に形成し、および、前述の第1酸化処理を窒素含有の酸化性ガス雰囲気中で行って、前述の酸化膜を50-100オングストロームの範囲内のいずれかの値の膜厚の酸化膜に置換するのが良い。

【0014】また、この発明の好適実施例によれば、前述の窒素非含有の酸化性ガスを、酸素(O_2)ガスまたはオゾン(O_3)ガスとするのが良い。

【0015】また、この発明の実施に当たり、好ましくは、前述の窒素含有の酸化性ガスを、一酸化窒素(NO)ガス、一酸化二窒素(N_2O)および二酸化窒素(NO_2)ガスの群から選ばれた一種類のガス又は二種類以上の混合ガスとするのが良い。

【0016】

【作用】このように、この発明の絶縁膜形成方法によれば、酸化膜の形成後、この酸化膜形成のための処理温度と同一の第1温度で第1酸化処理を行なって酸化膜を酸化膜に変えている。このため、酸化膜の形成と酸化膜の形成との間に処理温度を上下させることがないので、より効果的に絶縁膜中の不対結合や弱い結合の数を減少させ、しかも、処理工程中に成膜しつつある酸化膜中に侵入する水分量を抑えることが出来る。また、処理時間全体の短縮化が可能となる。

【0017】また、この発明によれば、第1酸化処理に続けて、この第1温度よりも低い第2温度で第2酸化処理を行なう。この第2温度としては、酸化膜の膜厚が第1酸化処理で形成されたときの膜厚からは増加しない温度であって、しかも、形成しつつある酸化膜への窒素原子の取り込みが停止せずに行なわれる温度で行なう。従って、この第2酸化処理により、形成中の酸化膜の膜厚を増加させることなく、この酸化膜への窒素量を全体的に増加させることができるので、両極性における高電界ストレス耐性を向上させることが出来る。

【0018】また、上述した酸化膜を数十オングストローム程度の膜厚に形成し、および、酸化膜を50-100オングストロームの範囲内のいずれかの値の膜厚の酸化膜に置換することにより、この酸化膜のデバイスへの適用が可能となる。

【0019】また、窒素非含有の酸化性ガスを、酸素(O_2)ガスまたはオゾン(O_3)ガスとすることにより、シリコンの下地を効率良くしかも膜質を損なうことなく酸化させることが出来る。

【0020】また、窒素含有の酸化性ガスを、一酸化窒素(NO)ガス、一酸化二窒素(N_2O)および二酸化窒素(NO_2)ガスの群から選ばれた一種類のガス又は二種類以上の混合ガスとすることにより、酸化膜を酸化

4

化膜へと、効率良くしかも膜質を損なうことなく、変えることが出来るとともに、酸化膜への窒素の導入も効率よく行なえる。

【0021】

【実施例】以下、図面を参照してこの発明の実施例につき説明する。なお、図は、この発明が理解出来る程度に各構成成分の形状、配置および寸法を概略的に示しているにすぎない。また、以下説明する実施例は単なる好適例にすぎず、従ってこの発明は以下説明する実施例のみに何ら限定されるものではないことを理解されたい。

【0022】先ず、この発明の絶縁膜形成方法を実施するために用いる絶縁膜形成装置について、図2および図3を参照して簡単に説明する。

【0023】この装置の反応炉10は、ステンレス製の本体10aおよび昇降部材10cと、石英製の蓋部材10bおよび下地(ここでは一例として基板18の)支持体20とを具えている。

【0024】反応炉10内への基板18の出し入れは、昇降装置22による昇降部材10cの昇降により行なわれる。本体10a、蓋部材10bおよび昇降部材10c間には機密保持部材24、例えば、パイトンパッキンを設けている。従って、反応炉10内の真空引きを行なった際に、機密保持部材24を介して炉内の機密状態を保持できるようになっている。

【0025】また、温度測定器26、例えば、オプティカルパイロメータは凹部10aの基板近傍位置に取り付けてあり、基板18の表面温度18を測定するために用いる。加熱部16には、赤外線照射手段として赤外線ランプ16aを用い、これを支持部材16bにより支持して設けてある。この赤外線ランプ16aには、例えば、タングステンハロゲンランプを用いる。反応炉10の蓋部材10bを赤外線透過材で形成してあるので、赤外線は反応炉10内へと透過する。

【0026】このランプへのパワー供給装置のコントロール部(図示せず)は、温度測定装置とクローズドループを構成しているものとする。すなわち、温度測定装置により測定された基板18の温度はランプパワーのコントロール部にフィードバックされ、基板温度が目標とする値に一定に保たれるようにランプパワーが制御されるような構造となっている。

【0027】ガス供給管28は、反応炉10とガス供給部14(図3)との間に設けられている。また、排気管30には真空排気装置が接続されている。

【0028】次に、図3を参照して、この実施例のガス供給系について説明する。この実施例において、ガス供給部14を、窒素非含有の酸化性ガス源14a、窒素含有の酸化性ガス源14b、不活性ガス源14cで構成してある。図3において、42はガス供給系、44はバルブ、46a~46cは自動開閉バルブ、50はガス供給部14から反応炉へ導入されるガス流量のモニタであ

5

る。バルブ44および46a~46cを適当量開閉することによって所望の流量のガスを反応炉内へと導入することが出来る。

【0029】次に、この発明における絶縁膜形成方法の具体的実施例につき説明する。

【0030】この発明では、シリコンの下地上に酸化膜を形成する。然る後、この酸化膜を酸窒化処理を行なって酸窒化膜としての絶縁膜を形成する。

【0031】このため、先ず、反応炉10内に膜形成の下地となるSi基板、好ましくは、Si単結晶基板を導入する。この基板は必要に応じて表面の清浄化処理を行なったものとする。

【0032】次に、第1の絶縁膜を形成する。図1は、絶縁膜形成にあたっての加熱処理およびガス制御サイクルを説明するための図であり、図の左の縦軸に処理温度を℃の単位で取っており、また、右の縦軸に圧力をTorrの単位でとって示してある。そして、実線は温度プロファイルを示しており、破線は反応炉内における各種ガスの圧力を表す。

【0033】先ず、この酸窒化膜としての絶縁膜を形成する前にSi基板18上に酸化膜、従って、この場合にはシリコン酸化膜(SiO₂膜)60を成膜する(図4の(A))。そのため、まず、反応炉10内を例えば、10⁻³~10⁻⁵Torrの範囲内の適当な高真空度となるように排気する(図1にVIで示す期間)。

【0034】次に、バルブ44、46aを開き、反応炉10内に窒素非含有の酸化性ガス、例えば、酸素(O₂)ガスを導入する(図1にO₂で示す期間)。この実施例では、炉内の圧力を大気圧(760Torr)まで上昇させているが、100Torr程度までの適当な圧力での減圧状態に維持しても良い。

【0035】次に、加熱部16によって基板18を加熱し、Si基板18の表面にSi酸化膜を成膜する。この場合、基板18の加熱は、基板表面の温度を温度測定手段26で測定しながら、100~200℃/秒の範囲内の適当な昇温速度、好ましくは、100℃/秒で行なう。このような範囲内の昇温速度とするのは、酸窒化膜の成長速度を一定にして膜質の向上を図るためである。加熱第1温度すなわち加熱のピーク温度T1を、好ましくは、1000~1200℃の範囲内の適当な温度とする。このような加熱温度および反応性ガスの雰囲気維持時間(図1中にO1で示す期間)を適当に制御することによって数十オングストローム(Å)オーダ以上の任意の厚さの酸化膜60を形成することが出来る。

【0036】次に、酸窒化処理を行なって、この酸化膜60を窒化膜に変える。そのため、先ず、この発明では酸窒化処理を、第1及び第2酸窒化処理とに分け、第1酸窒化処理を酸化膜の形成のときの下地の加熱温度と同一の第1温度T1で行い、続けて、第2酸窒化処理を、酸窒化膜の膜厚が増加しないととも、形成途中の酸窒

6

化膜への窒素原子の導入を維持する第2温度T2で行う。

【0037】先ず、第1酸窒化処理を行なうに当たり、一旦、O₂ガスを排気した(図1のV2で示す期間)後、バルブ44および46bを開いて窒素含有の酸化性ガス、例えば、N₂Oガスを反応炉10内へ導入する

(図1にN₂Oで示す時間期間の一部の期間)。この時、基板の加熱温度、すなわち、処理温度を先の酸化膜60を成膜したときの温度である第1温度T1に維持しておく。このように加熱処理温度を維持する(図1にON1で示す時間期間)ことにより、ガス導入後、直ちに、酸窒化過程が始まり、その結果、Si酸化膜60がSi酸窒化膜(オキシニトライド(oxy-nitride)膜)62に置換される。ここでは、このSi酸窒化膜をSi-O-N(x, yを組成比とすると、SiO_xN_yとも表せるが、x, yの値は定かではない。)膜と表す。この場合にも、酸化膜形成のときと同様に、反応炉10内の圧力を700~100Torrまでの適当な減圧状態としてもよい。また、雰囲気維持時間(図1にON1で示す時間期間)を適当に設定しておくことにより、絶縁膜の膜厚増加量を数~数十オングストロームとすることが出来る。なお、この酸窒化膜の膜厚を予め設計段階で定めておけば、最初に成膜した酸化膜の膜厚に応じて、この膜厚に適った雰囲気維持時間を設定すれば良い。

【0038】次に、この第1酸窒化処理に続けて、第2酸窒化処理を行なう。このため、反応炉10内には、N₂Oガスを流入し続けるとともに、熱処理温度すなわち基板18の加熱温度を第2温度T2へ下げてその温度に維持する。この第2加熱温度T2として、成膜中の酸窒化膜60の膜厚を増大せずに、この成膜中の酸窒化膜60への窒素原子の導入が停止しないような温度を設定する。この第2加熱温度T2を、好ましくは、例えば、800~950℃の範囲内の適当な温度とするのが良い。この場合、確実に成膜中のSi酸窒化膜中に窒素を十分に導入(又は侵入とも言う。)するようにするために、適当な時間期間だけこの温度に維持する。図1にこの時間期間をON2で示してある。この時間期間経過後に十分な量の窒素原子が導入されている最終の酸窒化膜64が得られる(図4の(C))。

【0039】最後に、炉内の真空排気を行ない(図1にV3で示す時間期間)、続いてバルブ44および46cを開いて不活性ガス、例えば窒素ガスを反応炉10内に導入しながら(図1にN₂で示す時間期間)、基板18を室温まで冷却する。以上により、この発明の実施例で得ようとしている絶縁膜としての酸窒化膜の成膜工程を終了する。

【0040】上述したこの発明の方法により成膜した絶縁膜はSi酸窒化膜であるが、この酸窒化膜においては、これらの結合部分に窒素原子(N)が侵入又は置換

しているため、Si (シリコン) とN (窒素) との結合の安定性によって絶縁耐性が向上する。また、酸化膜は酸化膜に比べて、緻密な構造をしており、従って、不純物拡散に対する抑制効果を持っている。さらに、窒素の導入による誘電率の向上が期待出来るとともに、Si-O-N膜/Si基板の界面のバリアハイトの低下も期待出来る。

【0041】さらに、この発明の絶縁膜形成方法においては、加熱処理温度を反応停止温度にまで低下せずに反応性ガスの導入/置換を繰り返すので、従来のような反応炉内へのガス導入サイクル毎に処理温度を上下する場合に比べて、より効果的に絶縁膜中の不対結合や弱い結合の数を減少させることが出来ると共に、処理温度を上下させることにより発生する結露に起因して生ずる水分が膜中に取り込まれることもない。また、酸化膜形成に要する処理時間全体の短縮化を図ることが出来る。

【0042】次に、この発明の方法に従って形成した酸化膜の窒素の分布を測定した。

【0043】図5は、酸化膜中での窒素分布曲線図である。この分布は、二次イオン質量分析法(SIMS)で測定した結果である。この図の縦軸は窒素(N)の濃度分布(単位:原子/cm²)であり、横軸は酸化膜の表面から基板面側への深さ(単位:nm)をとって示してある。第1酸化処理によって酸化膜を膜厚10nmに形成する点までは同一の条件で形成下2つの酸化膜に対して、その後、この発明の第2酸化処理を行なって酸化膜を得たこの発明の場合(曲線Iで示す。)と、この第2酸化処理を行わずして酸化膜を得たこの発明とは異なる場合(曲線IIで示す。)とにつき、測定を行なった。なお、第2加熱温度T2を950℃とし、ON2の時間期間を60秒とした。このON2の時間期間は、種々の条件によって異なるが、この実施例の場合には、好ましくは、最大でも200秒程度とするのが良い。

【0044】この測定結果からも理解出来るように、第2酸化処理を行わない酸化膜の(曲線II)場合には、窒素はSiとの界面近傍に速やかに偏析し、この界面構造を強化している。従って、第1酸化処理によってSi側での絶縁耐性は十分に確保できることは理解出来るが、表面側での窒素濃度は10¹⁸原子/cm²オーダーの濃度であり、不十分である。

【0045】図6は、この発明に従って形成した酸化膜を用いてMOSキャパシタを構成した例を説明するための図である。この構成ではSi基板70上にSi酸化膜72を形成した後、この上にゲート電極74をパターンニングして設けた構造である。この場合、第2酸化処理の後にはこのゲート電極74と酸化膜72との界面での窒素濃度が高まるので、ゲート電極側の界面も強化される。従って、ゲート電極74を負極性にとった高電界ストレス(ゲートからの電子注入)に対する耐性も

向上する。

【0046】実際に形成したMOSキャパシタについてその電気的特性を測定したところ図7および図8図に示すような結果を得た。この場合のキャパシタを、面積:2×10⁻⁴cm²とした。

【0047】図7はリーク電流特性を示し、縦軸にSi基板とゲート電極間に流れるリーク電流(単位:アンペア)を取り、また、横軸にSi基板とゲート電極間の電界強度(単位:MV/cm)をとって示してある。この測定では、Si酸化膜(破線曲線I1)、第1酸化処理まで行なって得られたSi酸化膜(曲線I2)、第2酸化処理を30秒間行なって得たSi酸化膜(曲線I3)および第2酸化処理を60秒間行なって得たSi酸化膜(曲線I4)のそれぞれにつき測定した。この測定は、被測定膜の膜厚をいずれも6nmとし、n+ポリSiゲート74から100mA/cm²の電流密度で5C/cm²の電子注入を行なった結果を第2酸化処理時間をパラメータとして示したものである。また、このときの第2温度T2を950℃とした。この結果からも理解出来るように、第2酸化処理時間を60秒とした場合(曲線I4)のリーク電流の発生は、酸化膜の場合(曲線I1)およびこの処理時間を0秒とした場合(曲線I2)に比べて、大幅に抑制されていることが判る。なお、デバイスの作製上の観点から、この電界強度は、8-10MV/cm²の範囲内の値とするのが好適であるが、この点からも、この発明に従って作製した絶縁膜は、リーク電流が抑制されるので、有利であるといえる。

【0048】また、図8は、図6に示した構造のMOSキャパシタについて絶縁破壊電荷量(Qbd)を測定した結果を示す特性曲線図である。この測定は、被測定膜の膜厚を6nmとし、電流注入密度を-100mA/cm²として測定した。図8の縦軸には絶縁破壊電荷量(Qbd)(単位:C/cm²)を取り、また、横軸には酸化処理時間(ON2)(単位:秒)をとって示してある。図中、Si酸化膜をII1とし、第2酸化処理時間を0秒とした酸化膜をII2とし、第2酸化処理時間を30秒とした酸化膜をII3としおよび第2酸化処理時間を60秒とした酸化膜をII4として結果を示してある。この結果からも理解出来るように、Qbdは第2酸化処理時間(ON2)に応じて増加関数となっている。すなわち、第2酸化処理を行なうことで、酸化膜の、ゲート電極からの電子注入に対する絶縁耐性が向上することが判る。

【0049】さらに、ここでは実験結果を示していないが、第2酸化処理により酸化膜中にトラップされる電荷量が減少することも判っている。

【0050】上述した実験結果からも理解出来るように、この発明に従って形成した、絶縁膜としての酸化膜を例えばEEPROMのトンネル酸化膜として用いた

場合には、エンジュランス (endurance) 特性およびリテンション (retention) 特性ともに向上することが期待される。

【0051】この発明は、上述した実施例にのみ限定されるものではなく、多くの変形または変更を行ない得ること明らかである。例えば、上述した実施例では窒素非含有の酸化性ガスとして酸素 (O_2) ガスを使用した。が、オゾン (O_3) ガスとすることも出来る。また、窒素含有の酸化性ガスとして、一酸化二窒素 (N_2O) を使用した例につき説明したが、一酸化窒素 (NO) ガスまたは二酸化窒素 (NO_2) ガスを使用してもよく、或いは、一酸化二窒素 (N_2O)、一酸化窒素 (NO) ガスおよび二酸化窒素 (NO_2) ガスの群から選ばれた二種類以上の混合ガスを使用しても良い。

【0052】また、上述した実施例では、シリコンの大地として好ましくは Si 単結晶基板を用いるのが良いが、場合によっては Si 多結晶基板を用いることも出来る。

【0053】

【発明の効果】上述したこの発明の絶縁膜形成方法によれば、最初に形成した酸化膜と同一の温度で第1回目の酸化処理を行なってこの酸化膜を酸化窒化膜に変える。このため、反応炉内へのガス導入サイクル毎に処理温度を上下させる、従来方法によって形成した絶縁膜に比べて、この発明に従って形成した絶縁膜の方がより効果的に絶縁膜中の不対結合や弱い結合の数を減少させることが出来るとともに、成膜しつつある膜中に侵入する水分量を抑えることが出来る。また、絶縁膜を成膜する全体の処理時間も従来よりも短縮することができる。

【0054】さらに、第1回目の酸化処理により得られた膜の膜厚を変えない温度であって、しかも、この膜*

*中への窒素の取り込み量を全体的に増加させる温度で、第2回目の酸化処理を行なうので、予め設計した膜厚の絶縁膜であるが、窒素を多く含んだ絶縁膜を形成することができ、従って、この絶縁膜の、両極性における高電界ストレス耐性を向上させることが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の絶縁膜形成方法の説明に供する処理温度および圧力のサイクル図である。

【図2】この発明の絶縁膜形成方法を実施する装置の反応炉の概略的構成を主として示す図である。

【図3】この発明の絶縁膜形成方法を実施する装置のガス供給系の概略的構成を主として示す図である。

【図4】(A) ~ (C) は、この発明の絶縁膜形成方法の説明に供する形成工程図である。

【図5】この発明の絶縁膜形成方法の説明に供する酸化窒化膜中の窒素分布を示す曲線図である

【図6】この発明の絶縁膜形成方法に従って形成した絶縁膜を用いて形成したMOSキャパシタの構造を示す図である。

【図7】図6の構造のMOSキャパシタに組み込む各種の絶縁膜に応じたリーク電流特性の説明に供する測定図である。

【図8】図6の構造のMOSキャパシタに組み込む各種の絶縁膜に応じた絶縁破壊電荷量の説明に供する測定図である。

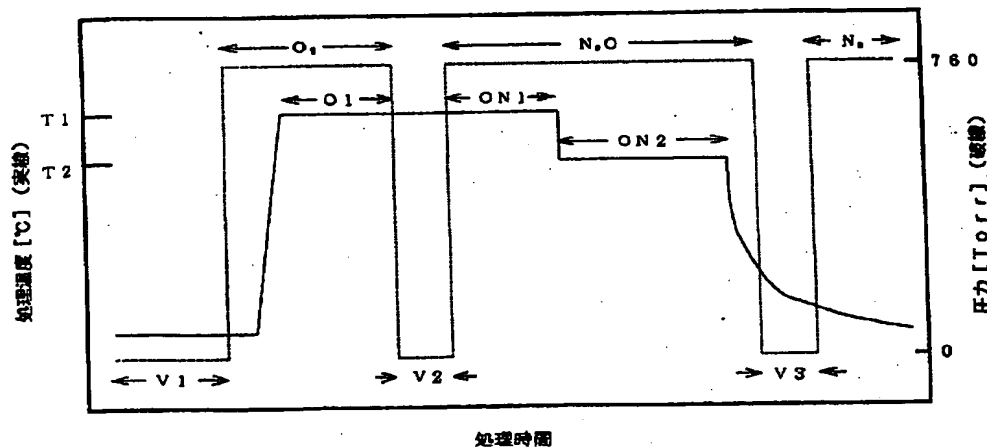
【符号の説明】

18, 70: Si 基板、
i 酸化膜
62: Si 酸化窒化膜、
30 最終の Si 酸化窒化膜

60, 72: S

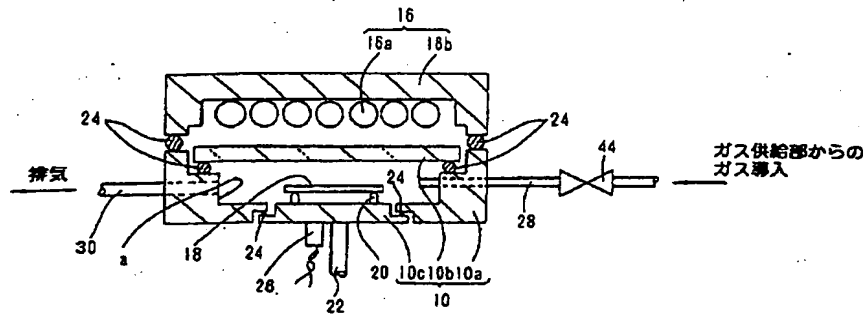
64, 74: 最

【図1】



加熱および圧力サイクル

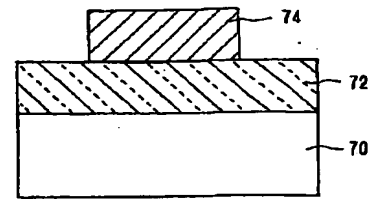
【図 2】



- | | | |
|------------|--------------|-------------|
| 10 : 反応炉 | 16 : 加熱部 | 22 : 昇降装置 |
| 10a : 本体 | 16a : 赤外線ランプ | 24 : 密封保持部材 |
| 10b : 加熱部材 | 16b : 支持部材 | 26 : 温度測定手段 |
| 10c : 昇降部材 | 18 : 基板 | 28 : ガス供給管 |
| 20 : 支持体 | 30 : 排気管 | 44 : バルブ |

成膜装置の説明図

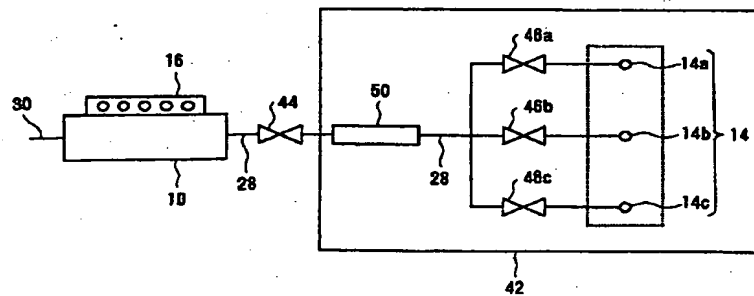
【図 6】



- 70 : Si 基板 72 : Si 窒素化膜 (絶縁膜)
74 : ゲート電極

MOSキャパシタ

【図 3】

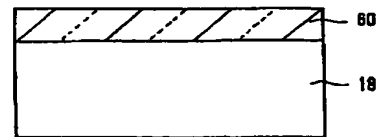


- | | | |
|--------------------|------------|-------------------|
| 10 : 反応炉 | 16 : 加熱部 | 48a~48c : 自動閉鎖バルブ |
| 14 : ガス供給部 | 28 : ガス供給管 | 50 : ガス流入計 |
| 14a : 窒素非含有の酸化性ガス源 | 30 : 排気管 | 42 : ガス供給系 |
| 14b : 窒素含有の酸化性ガス源 | 44 : バルブ | |
| 14c : 不活性ガス源 | | |

成膜装置の説明図

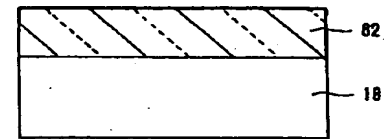
【図 4】

(A)



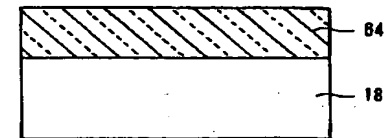
- 18 : Si 基板 60 : Si 窒素化膜

(B)



- 62 : Si 窒素化膜

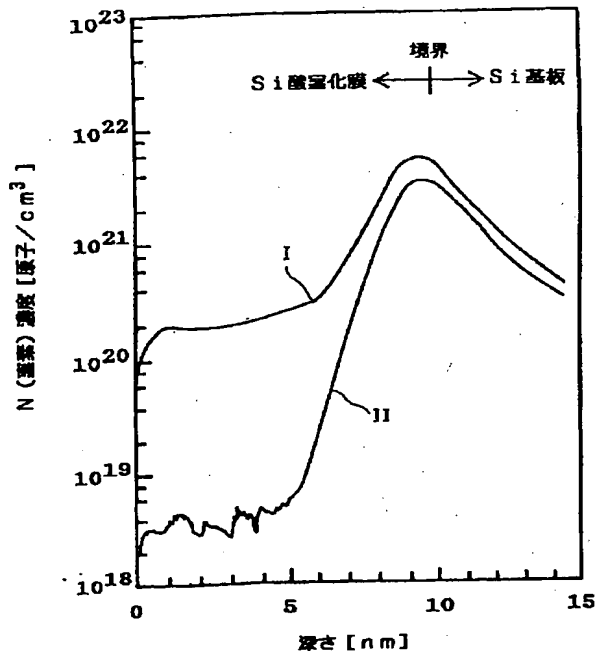
(C)



- 64 : (最終の) Si 窒素化膜 (絶縁膜)

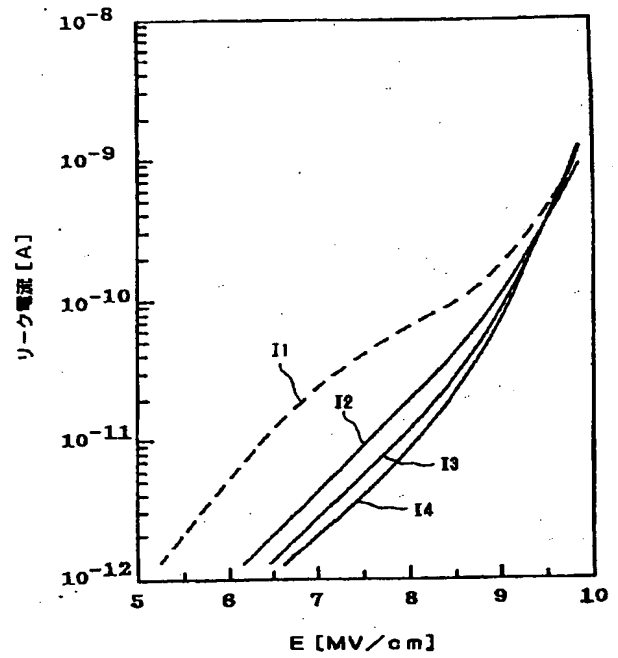
絶縁膜の形成工程図

【図 5】



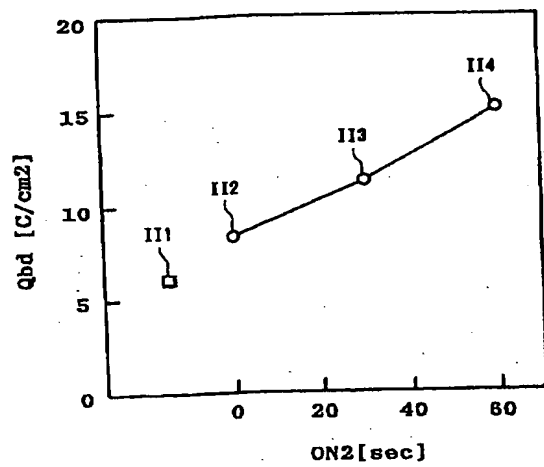
濃度分布曲線図

【図 7】



リーク電流特性

【図 8】



絶縁破壊電荷量